



Arahan Zonasi Penggunaan Lahan Berbasis Evaluasi Kemampuan Lahan dan Analisis LCLP di Kelurahan Tafamutu, Kecamatan Moti, Kota Ternate

(Land-Use Zoning Guidelines Based on Land Capability Evaluation and LCLP Analysis in Tafamutu Village, Moti District, Ternate City)

Gunawan Hartono¹, Tri Mulya Hartati¹, Sarif Robo¹, Kurnia Sari Kasman¹

¹ Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Khairun, Jl. Pertamina Kampus II Unkhair Gambesi Kota Ternate Selatan, Ternate, Maluku Utara 97716, Indonesia

Informasi Artikel:

Submission : 18 April 2025
Revised : 01 Mei 2025
Accepted : 04 Mei 2025
Published : 05 Mei 2025

*Penulis Korespondensi:

Gunawan Hartono
Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian,
Universitas Khairun, Jl. Pertamina Kampus II
Unkhair Gambesi Kota Ternate Selatan,
Ternate, Maluku Utara 97716, Indonesia
e-mail: ghgunhar@gmail.com
Telp: +62 812-4876-5517

Makila 19 (1) 2025: 105-120

DOI:
<https://doi.org/10.30598/makila.v19i1.18547>



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Copyright © 2025 Author(s): Gunawan Hartono, Tri Mulya Hartati, Sarif Robo, Kurnia Sari Kasman
Journal homepage:
<https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/makila>
Journal e-mail: makilajournal@gmail.com

Research Article · [Open Access](#)

ABSTRACT

This study evaluates land capability in Tafamutu Village, Moti District, Ternate City, as a basis for sustainable land-use planning. Employing the Land Capability Classification (LCC) framework and the Land Classification and Land Use Planning (LCLP) software, the analysis identifies five land capability classes (V–VIII) across sixteen land mapping units. Subclass V-P1, occupying 7.6 ha (1.1%), is constrained by slow permeability (< 25 mm/h). In contrast, subclass V-b3, covering 100.4 ha (14.9%), is characterized by high coarse fragment content (> 90%), resulting in splash erosion rates of up to 22.3% under intense rainfall. Class VI-E, comprising 135.3 ha (20.1%), is defined by moderate slopes (30%–45%) and elevated surface runoff potential – up to 75% higher compared to gentle slopes (< 15%). Class VII-e5 encompasses 143.9 ha (21.4%) and is marked by severe erosion, with rates reaching 1,738.2 t ha⁻¹ yr⁻¹. Class VIII-G, the most significant area at 261.2 ha (38.9%), includes very steep slopes (> 65%) and is designated strictly for conservation purposes. The dominant soil textures are clay loam and sandy loam, with an average adequate depth of 80 cm and a pH range of 5.0–6.5. These edaphic conditions support the cultivation of cloves and nutmeg, contingent upon implementing appropriate soil conservation techniques such as terracing and organic mulching. Based on the land capability assessment, recommended land uses include grazing on Class V lands (108 ha; 16.5%), limited plantation development on Class VI (135.3 ha; 20.1%), production forestry on Class VII (143.9 ha; 21.4%), and strict protection as forest reserves on Class VIII (261.2 ha; 38.9%). These zoning guidelines are instrumental in promoting climate-resilient land management and the sustainable utilization of natural resources within coastal volcanic landscapes.

KEYWORDS: *land capability evaluation; LCLP; Tafamutu Village; capability classes; land use planning*

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan lahan sebagai dasar perencanaan penggunaan lahan berkelanjutan di Kelurahan Tafamutu, Kecamatan Moti, Kota Ternate, seluas 648,4 ha dengan menggunakan kerangka Land Capability Classification (LCC) dan perangkat lunak LCLP untuk mengidentifikasi lima kelas kemampuan lahan (V–VIII) berdasarkan enam belas satuan peta lahan (Unit Lahan). Kelas V-P1 seluas 7,6 ha (1,1%) dibatasi oleh permeabilitas lambat (< 25 mm/jam), sedangkan subkelas V-b3 meliputi 100,4 ha (14,9%) dengan dominasi kerikil ($> 90\%$) yang berkontribusi pada erosi splash hingga 22,3% saat hujan intens. Kelas VI-E seluas 135,3 ha (20,1%) memiliki kemiringan 30–45% dengan potensi aliran permukaan meningkat hingga 75% dibanding lereng $< 15\%$. Lahan kelas VII-e5 seluas 143,9 ha (21,4%) mencatat tingkat erosi sangat berat hingga 1.738,2 ton ha⁻¹ th⁻¹, sedangkan kelas VIII-G seluas 261,2 ha (38,9%) berlereng $> 65\%$ sehingga ideal untuk konservasi alam. Tekstur tanah didominasi Clay Loam (CL) dan Sandy Loam (SL) dengan kedalaman efektif rata-rata 80 cm dan pH 5,0–6,5, mendukung budidaya pala dan cengkeh bila dilengkapi konservasi terasering dan mulsa organik. Hasil ini memberikan arahan penggunaan lahan seperti padang penggembalaan pada kelas V (108 ha; 16,5%), perkebunan terbatas pada kelas VI (135,3 ha; 20,8%), hutan produksi pada kelas VII (143,9 ha; 22,1%), serta hutan lindung pada kelas VIII (261,2 ha; 38,9%). Rekomendasi zonasi ini bertujuan mendukung penguatan ketahanan pangan dan pelestarian lahan melalui pendekatan berbasis kemampuan lahan yang adaptif terhadap karakteristik biofisik wilayah pesisir vulkanik.

KATA KUNCI: evaluasi kemampuan lahan; LCLP; Kelurahan Tafamutu; kelas kemampuan; arahan penggunaan lahan

PENDAHULUAN

Evaluasi kemampuan lahan merupakan proses sistematis untuk menilai potensi lahan mengacu pada kapasitas fisik dan kimia tanah terhadap berbagai tujuan penggunaan berkelanjutan. Proses ini penting agar penggunaan lahan tidak melebihi daya dukung, mencegah degradasi dan erosi yang merugikan produktivitas jangka panjang (Zahra et al., 2023). Land Capability Evaluation in reclamation areas in Indonesia menunjukkan bahwa perangkat lunak LCLP memudahkan klasifikasi lahan dan pemetaan kebijakan penggunaan lahan sesuai kelas kemampuannya (Maryati, 2013). Penelitian Urban Capacity Assessment menegaskan bahwa pemetaan lahan berbasis kapabilitas mendukung skenario pengembangan yang seimbang dan ramah lingkungan (Shamai & Jafarpour, 2024). Evaluasi kemampuan lahan juga berfungsi sebagai dasar perencanaan kebijakan wilayah dan konservasi tanah di tingkat lokal hingga nasional (Maryati, 2013). Penerapan evaluasi

kemampuan lahan menjadi krusial dalam konteks perubahan iklim dan alih fungsi lahan yang semakin massif.

Kelurahan Tafamutu di Kecamatan Moti, Kota Ternate memiliki karakteristik lahan vulkanik, marin, dan aluvial yang mempengaruhi keberagaman sifat tanah. Komoditas unggulan seperti pala dan cengkeh memerlukan analisis kemampuan lahan khusus untuk menjaga produktivitas dan keberlanjutan agronomis. Studi evaluasi kemampuan lahan di tingkat kelurahan di Indonesia masih terbatas, sedangkan penelitiannya lebih banyak pada skala DAS atau kabupaten. Gap analysis di DAS Santan, Kalimantan Timur, mengungkap kebutuhan penelitian skala mikro untuk mengakomodasi variasi lokal lahan dan kebutuhan komunitas (Sopian et al., 2019). Penelitian di Ambon City menekankan pentingnya zonasi lahan berdasarkan kelas kemampuan untuk mencegah alih fungsi yang tidak terkendali (Maryati, 2013). Keterbatasan data spasial terkini dan akurasi pemetaan di level kelurahan memerlukan integrasi remote sensing dan GIS untuk meningkatkan validitas hasil (Hermiyanto et al., 2025).

Penelitian kemampuan lahan di Kelurahan Tafamutu akan memberikan arahan penggunaan lahan yang tepat bagi petani lokal guna meningkatkan ketahanan pangan. Sistem LCLP yang diintegrasikan dengan data survei lapangan dan laboratorium mampu menghasilkan peta kemampuan lahan yang akurat dan praktis digunakan (Maryati, 2013). Dengan adanya arahan penggunaan lahan, pemerintah kelurahan dapat menetapkan kebijakan zonasi dan konservasi yang terarah untuk menjaga kualitas lahan. Studi Soil Quality dan Land Capability Evaluation terkini menegaskan bahwa kualitas tanah menjadi faktor utama dalam menentukan kelayakan penggunaan lahan (Hermiyanto et al., 2025). Penelitian ini penting karena dapat mengoptimalkan potensi lahan untuk komoditas unggulan daerah setempat tanpa mengorbankan kelestarian lingkungan (Cahyono et al., 2024).

Kebaharuan penelitian ini terletak pada aplikasi *Land Classification and Landuse Planning* (LCLP) di lahan vulkanik Kelurahan Tafamutu dengan integrasi data remote sensing terbaru. Pendekatan ini masih jarang diaplikasikan di level kelurahan, sehingga dapat menjadi referensi bagi studi-studi lanjutan di wilayah serupa. Metode matching yang digunakan membandingkan karakteristik lahan lapangan dengan kriteria klasifikasi untuk menentukan kelas kemampuan secara cepat dan tepat (Maryati, 2013). Penambahan data GIS dan citra satelit memungkinkan analisis spasial yang lebih halus dan akurat dalam menyusun peta kemampuan lahan (Navin & Agilandeswari, 2020). Kajian di Boyolali Regency menunjukkan efektivitas indeks potensi lahan yang dapat dijadikan model adaptasi untuk Tafamutu (Altair et al., 2024).

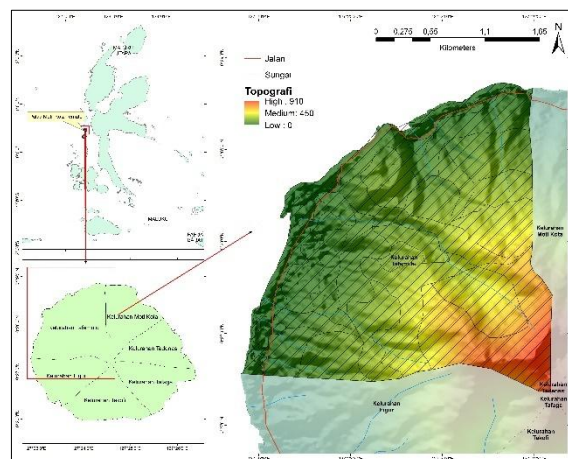
Meskipun sudah ada pedoman FAO tentang evaluasi lahan, implementasi di daerah terpencil seperti Tafamutu masih minim dan memerlukan adaptasi lokal. Hasil penelitian diharapkan menutup kekurangan penelitian skala kelurahan dan menyediakan referensi kebijakan tata guna lahan di Kota Ternate. Penelitian ini bertujuan memetakan kelas kemampuan lahan, merumuskan arahan penggunaan lahan, serta menyusun rekomendasi konservasi untuk

mengurangi erosi. Dengan target komoditas pala dan cengkeh, penelitian ini juga akan memberikan panduan komprehensif bagi peningkatan produktivitas pertanian lokal (Cahyono et al., 2024). Hasil penelitian diharapkan dapat dijadikan dasar perencanaan wilayah dan strategi mitigasi risiko degradasi lahan di Tafamutu (Zahra et al., 2023). Kontribusi utama penelitian ini adalah penyediaan peta kemampuan lahan berbasis teknologi dan survei lapangan yang kontekstual bagi pemangku kebijakan setempat (Maryati, 2013). Penelitian ini bertujuan untuk: mengidentifikasi kelas kemampuan lahan di Kelurahan Tafamutu berdasarkan faktor pembatas utama; merumuskan arahan penggunaan lahan yang sesuai dengan kemampuan lahan untuk mempertahankan produktivitas dan kelestarian lingkungan; serta menyusun rekomendasi konservasi tanah guna mengurangi risiko erosi dan menjaga kesuburan tanah secara berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian

Kelurahan Tafamutu terletak di wilayah pesisir dengan topografi yang bervariasi, mencakup lahan vulkanik, marin, dan aluvial. Wilayah ini memiliki potensi pertanian yang signifikan, terutama untuk komoditas unggulan seperti pala dan cengkeh. Namun, keberagaman karakteristik lahan memerlukan evaluasi mendalam untuk memastikan penggunaan lahan yang sesuai dan berkelanjutan.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian Kelurahan Tafamutu

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan berbagai alat dan bahan untuk mendukung kegiatan survei dan analisis. Alat yang digunakan meliputi *Global Positioning System* (GPS) untuk penentuan titik sampel, clinometer untuk mengukur kemiringan lereng, bor tanah untuk pengambilan sampel tanah, ring sampel untuk pengambilan sampel tanah utuh, serta peralatan laboratorium seperti pH meter dan spektrofotometer untuk analisis sifat fisik dan kimia tanah. Bahan yang digunakan mencakup

kantong plastik untuk penyimpanan sampel, label untuk penandaan, dan peta dasar wilayah penelitian.

Jenis dan Sumber Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui survei lapangan, termasuk pengamatan langsung terhadap kondisi lahan, pengukuran parameter fisik seperti kemiringan lereng, dan pengambilan sampel tanah untuk analisis laboratorium. Data sekunder diperoleh dari berbagai sumber, seperti peta rupa bumi skala 1:50.000, peta penggunaan lahan, data iklim dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), serta data topografi dan geologi dari instansi terkait.

Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan melalui beberapa tahap. Pertama, data lapangan dan laboratorium dianalisis untuk menentukan karakteristik fisik dan kimia tanah, seperti tekstur, pH, kandungan bahan organik, dan kedalaman efektif tanah. Kedua, data tersebut digunakan untuk mengklasifikasikan kemampuan lahan berdasarkan kriteria yang ditetapkan oleh Arsyad (2010), yang mencakup faktor-faktor seperti kemiringan lereng, kedalaman tanah, drainase, dan erodibilitas. Klasifikasi dilakukan dengan metode matching, yaitu mencocokkan karakteristik lahan dengan kriteria kelas kemampuan lahan yang telah ditentukan. Selanjutnya, hasil klasifikasi digunakan untuk menyusun peta kemampuan lahan dengan bantuan perangkat lunak SIG. Peta ini memberikan visualisasi spasial dari distribusi kelas kemampuan lahan di wilayah penelitian. Berdasarkan peta tersebut, arahan penggunaan lahan disusun untuk setiap kelas kemampuan lahan, dengan mempertimbangkan potensi dan keterbatasan masing-masing kelas. Arahan ini mencakup rekomendasi jenis penggunaan lahan yang sesuai, seperti pertanian, konservasi, atau penggunaan lainnya, serta tindakan konservasi yang diperlukan untuk menjaga keberlanjutan lahan.

Land Classification and Land Use Planning (LCLP)

Dalam penelitian ini, perangkat lunak Land Classification and Land Use Planning (LCLP) digunakan untuk mengklasifikasikan kemampuan lahan dan menghasilkan peta baru sesuai dengan kelas kemampuan lahan. LCLP merupakan perangkat lunak yang dirancang untuk mengklasifikasikan lahan dan menghasilkan peta baru berdasarkan kelas kemampuan lahan. Sebagai perangkat lunak open source, LCLP memungkinkan modifikasi parameter analisis sesuai dengan ketersediaan data dan tujuan penelitian. Penggunaan LCLP dalam penelitian ini memungkinkan klasifikasi lahan yang lebih efisien dan akurat, serta menghasilkan peta kemampuan lahan yang dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan penggunaan lahan yang berkelanjutan (Maryati, 2013).

HASIL DAN PEMBAHASAN

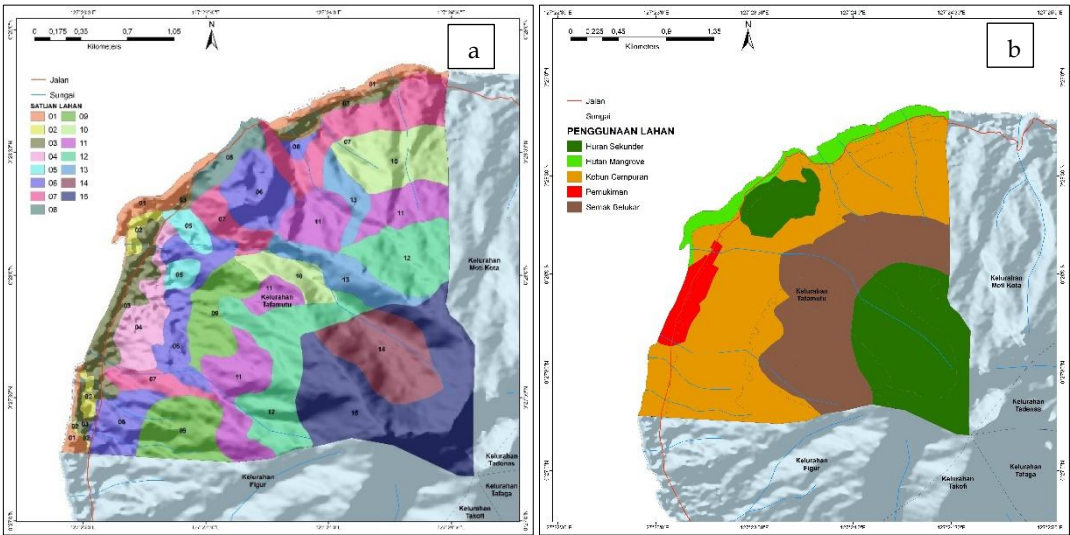
Penggunaan Lahan dan Satuan Lahan

Kebun campuran mendominasi penggunaan lahan di Kelurahan Tafamutu dengan luas mencapai 311,3 ha atau 46,9 % dari total area (Cahyono et al., 2024). Lahan permukiman hanya menempati 21,7 ha atau 3,2 % dari keseluruhan wilayah, yang menggambarkan keterbatasan ruang untuk pengembangan pemukiman di kawasan datar pesisir (Iskandar et al., 2023).

Tabel 1. Penggunaan Lahan di Kelurahan Tafamutu

No	Penggunaan Lahan	Luas	
		(ha)	(%)
1	Pemukiman	21.7	3.2
2	Kebun Campur Semak	149.6	22.5
3	Kebun Campuran	311.3	46.9
4	Hutan Mangrove	32.8	4.9
5	Hutan Sekunder	148.2	22.3
Jumlah		663,6	100

Hutan sekunder menutupi 148,2 ha atau 22,3 % dari total luas lahan, menandakan proses regenerasi vegetasi pasca konversi lahan primer, dalam evaluasi kemampuan lahan berbasis SWOT dan AHP (Hermiyanto et al., 2025). Hutan mangrove seluas 32,8 ha atau 4,9 % berperan penting dalam menjaga fungsi ekosistem pesisir dan meredam laju banjir bandang melalui kemampuan infiltrasi dan penahan gelombang (Houngue et al., 2023).



Gambar 2. (a) Peta Unit Lahan Kelurahan Tafamutu; (b) Peta Penggunaan Lahan

Tabel 2. Satuan lahan di Kelurahan Tafamutu

Unit Lahan	Fisiografi	Lereng	Geologi	Tanah	Luas (Ha)
1	Daerah Pasang Surut	Datar (0-3%)	Marin	Non Tanah	23,5
2	Dataran Alluvial	Datar (0-3%)	Aluvium	Aquic Dystrudepts	7,6
3	Dataran Alluvial	Datar (0-3%)	Aluvium	Typic Dystrudepts	38,1
4	Lereng Vulkan Bawah	Landai (3-8%)	Andesit Basal	Typic Dystrudepts	21,4

Unit Lahan	Fisiografi	Lereng	Geologi	Tanah	Luas (Ha)
5	Lereng Vulkan Bawah	Agak Miring (8-15%)	Andesit Basal	Typic Dystrudepts	12
6	Lereng Vulkan Bawah	Miring (15-30%)	Andesit Basal	Typic Dystrudepts	71
7	Lereng Vulkan Bawah	Agak Curam (30-45%)	Andesit Basal	Typic Dystrudepts	64,3
8	Lereng Vulkan Bawah	Curam (45-65%)	Andesit Basal	Typic Dystrudepts	12,1
9	Lereng Vulkan Tengah	Agak Miring (8-15%)	Andesit Basal	Typic Dystrudepts	50,3
10	Lereng Vulkan Tengah	Miring (15-30%)	Andesit Basal	Typic Dystrudepts	47,5
11	Lereng Vulkan Tengah	Agak Curam (30-45%)	Andesit Basal	Typic Dystrudepts	75
12	Lereng Vulkan Tengah	Curam (45-65%)	Andesit Basal	Typic Dystrudepts	82,3
13	Lereng Vulkan Tengah	Sangat Curam (>65%)	Andesit Basal	Typic Dystrudepts	31,5
14	Lereng Vulkan Atas	Curam (45-65%)	Andesit Basal	Typic Dystrudepts	40,4
15	Lereng Vulkan Atas	Sangat Curam (>65%)	Andesit Basal	Typic Dystrudepts	94,8
Luas Total					671,8

Satuan lahan mengidentifikasi unit “Daerah Pasang Surut” dengan fisiografi datar (0–3 %) dan karakter non-tanah seluas 23,5 ha, yang termasuk dalam kriteria kelas kemampuan lahan I untuk lahan pasang surut (Atalay, 2016). Unit “Lereng Vulkan Bawah” dengan kemiringan landai (3–8 %) dan litologi andesit basal menempati 21,4 ha, di mana tanah Typic Dystrudepts dikategorikan dalam kelas kemampuan lahan III berdasarkan pendekatan geospasial terkini (Fadl et al., 2025). Lereng Vulkan Tengah dengan kemiringan sangat curam (> 65 %) seluas 31,5 ha memerlukan tindakan konservasi untuk mencegah erosi berat, sesuai dengan temuan perbandingan sistem evaluasi lahan pesisir (Ukaegbu et al., 2023). Pemadanan data fisiografi, geologi, dan jenis tanah pada masing-masing unit lahan memungkinkan penentuan kelas kemampuan lahan yang akurat untuk mendukung perencanaan penggunaan lahan berkelanjutan (Hermiyanto et al., 2025).

Karakteristik Fisik dan Kimia Lahan

Evaluasi kemampuan lahan di Kelurahan Tafamutu memanfaatkan pendekatan Land Capability Land Classification (LCLP) mutakhir yang mengintegrasikan parameter topografi, fisik tanah, dan hidrologi untuk mengklasifikasikan enam belas satuan lahan berdasarkan potensi penggunaan dan risiko degradasi (Dar et al., 2024).

Tabel 3. Karakteristik Lahan di Kelurahan Tafamutu Kecamatan Moti

Unit Lahan	Lereng	Tekstur		Drainase	Permeabilitas	Kedalaman Tanah	Kepekaan Erosi	Tingkat Erosi	Batuan/Kerikil	Ancaman Banjir	Salinitas
		Atas	Bawah								
	(L)	(ta)	(tb)	(d)	(P)	(k)	(KE)	(e)	(b)	(O)	(g)
2	0 - 3% (A)	CL (ta2)	SCL (tb2)	Buruk (d4)	Lambat (P1)	90 cm (k1)	00.23 (KE3)	36,2 (e1)	Sedikit: 0.01-3% (b1)	Kadang-Kadang (01)	(g0)= Bebas
3	0 - 3% (A)	SL (ta3)	SL (tb3)	Baik (d1)	Sedang (P3)	126 cm (k0)	0.23 (KE3)	37,9 (e1)	Banyak>90 (b3)	Kadang-Kadang (01)	(g0)= Bebas
4	3 - 8% (B)	SL (ta4)	L (tb3)	Baik (d1)	Sedang (P3)	60 cm (k1)	0.22 (KE3)	36,2 (e1)	Banyak>90 (b3)	Kadang-Kadang (01)	(g0)= Bebas
5	8 - 15% (C)	CL (ta2)	SCL (tb2)	Baik (d1)	Sedang (P3)	100 cm (k0)	0.21 (KE3)	165,9 (e2)	Banyak>90 (b3))	Tidak Pernah (O0)	(g0)= Bebas
6	15-30% (D)	SCL (ta2)	SL (tb3)	Baik (d1)	Lambat (P1)	90 cm (k1)	0.22 (KE3)	670 (e5)	Banyak>90 (b3)0)	Kadang-Kadang (01)	(g0)= Bebas
7	30 - 45% (E)	SCL (ta2)	SL (tb3)	Baik (d1)	Lambat (P1)	110 cm (k0)	0.22 (KE3)	67,9 (e2)	Banyak>90 (b3)	Tidak Pernah (O0)	(g0)= Bebas
8	45 - 65% (F)	SL (ta3)	SCL (tb2)	Baik (d1)	Sedang (P3)	65 cm (k0)	0.22 (KE3)	1,738.2 (e5)	Banyak>90 (b3)	Kadang-Kadang (01)	(g0)= Bebas
9	8 - 15% (C)	CL (ta2)	SCL (tb2)	Baik (d1)	Sedang (P3)	100 cm (k0)	0.21 (KE3)	165,8 (e2)	Banyak>90 (b3)	Tidak Pernah (O0)	(g0)= Bebas
10	15 - 30% (D)	SL (ta4)	L (tb3)	Baik (d1)	Sedang (P3)	5,6 cm (k0)	0.22 (KE3)	615,6 (e5)	Banyak>90 (b3)	Tidak Pernah (O0)	(g0)= Bebas
11	30 - 45% (E)	SL (ta4)	L (tb3)	Baik (d1)	Sedang (P3)	60 cm (k0)	0.22 (KE3)	1,376.0 (e5)	Banyak>90 (b3)	Kadang-Kadang (01)	(g0)= Bebas
12	45 - 65% (F)	SL (ta3)	SL (tb3)	Baik (d1)	Sedang (P3)	75 cm (k0)	0.22 (KE3)	1,738.2 (e5)	Banyak>90 (b3)	Tidak Pernah (O0)	(g0)= Bebas
13	>65% (G)	SL (ta3)	SL (tb3)	Baik (d1)	Sedang (P3)	77 cm (k0)	0.22 (KE3)	1,738.2 (e5)	Banyak>90 (b3)	Tidak Pernah (O0)	(g0)= Bebas
14	45 - 65% (F)	SL (ta3)	SL (tb3)	Baik (d1)	Sedang (P3)	65 cm (k0)	0.22 (KE3)	202,1 (e3)	Banyak>90 (b3)	Tidak Pernah (O0)	(g0)= Bebas
15	>65% (G)	SL (ta3)	SL (tb3)	Baik (d1)	Sedang (P3)	60 cm (k0)	0.22 (KE3)	202,1 (e3)	Banyak>90 (b3)	Tidak Pernah (O0)	(g0)= Bebas

Keterangan: SCL= sandy clay loam; SL= sandy loam; L= loam; CL= clay loam

Lereng yang terukur pada lima belas satuan lahan di Kelurahan Tafamutu menunjukkan variasi yang signifikan, mulai dari 0-3 % pada unit 2, 3, dan 9 hingga lebih dari 65 % pada unit 15, di mana peningkatan gradien lereng secara eksponensial meningkatkan laju limpasan permukaan dan potensi erosi menurut model USLE di iklim tropis (Setyawan et al., 2019). Unit dengan kemiringan rendah (0-8 %) mencatat erosi relatif minimal, yakni 36,2 ton ha⁻¹ yr⁻¹ pada unit 2, 37,9 ton ha⁻¹ yr⁻¹ pada unit 3, dan 21,4 ton ha⁻¹ yr⁻¹ pada unit 4, yang sesuai dengan korelasi negatif

antara gradien lereng dan erosi pada kondisi tutupan lahan moderat (Setyawan et al., 2019). Sebaliknya, unit 8 (45–65 %) dan unit 11 (30–45 %) mencatat kehilangan tanah ekstrem hingga 1.738,2 ton ha⁻¹ yr⁻¹ dan 1.376,0 ton ha⁻¹ yr⁻¹, menegaskan kebutuhan intervensi konservasi seperti terasering untuk menurunkan kecepatan aliran permukaan (Zou et al., 2024). Tekstur lapisan atas di unit-unit tersebut bervariasi antara clay loam (CL) pada unit 2 dan 5, sandy loam (SL) pada unit 3, 4, 7, dan silty clay loam (SCL) pada unit 2 dan 5, yang memengaruhi kapasitas penyimpanan air dan risiko limpasan (Askari, 2006). Pada lapisan bawah, kombinasi SCL pada unit 2 dan 5 serta loam (L) pada unit 4, 10, dan 11 meningkatkan infiltrasi vertikal, meskipun tekstur halus pada beberapa satuan dapat memicu kejenuhan permukaan saat curah hujan tinggi (Askari, 2006). Dominasi tekstur SL pada unit 3, 4, dan 8 memfasilitasi drainase cepat, namun mengurangi retensi air untuk fase kemarau tanpa irigasi tambahan (Askari, 2006). Meta-analisis mendemonstrasikan bahwa praktik minimal tillage mempertahankan residu permukaan yang mengurangi energi jatuhnya tetesan hujan, sehingga menekan erosi splash terutama pada kemiringan <8 % (Huang et al., 2023). Studi di Hainan Island juga mengindikasikan bahwa kombinasi terasering dan tanaman penutup tanah mampu menurunkan kehilangan tanah hingga 50 % pada lereng curam, menegaskan pentingnya intervensi terintegrasi (Zou et al., 2024).

Drainase tanah di Kelurahan Tafamutu diklasifikasikan dari baik (d1 pada unit 3–16) hingga buruk (d4 pada unit 2), yang menjelaskan kecenderungan genangan lokal di unit 2 jika tidak diterapkan drainase buatan (Bezdan et al., 2025). Unit 2 dengan drainase buruk dan tekstur CL mendukung kejenuhan air, menurunkan aerasi akar, dan memerlukan instalasi saluran bawah tanah untuk mencegah stres oksigen tanaman (Bezdan et al., 2025). Permeabilitas lambat (P1) pada unit 2, 6, dan 7 menunjukkan kebutuhan mendesak akan sumur resapan atau lahan resapan untuk meningkatkan kapasitas infiltrasi vertikal dan mengurangi limpasan (Hidayat et al., 2022). Contohnya, unit 6 (15–30 %) dengan erosi 670 ton ha⁻¹ yr⁻¹ sangat diuntungkan oleh mulsa organik yang dapat memperluas pori makroskopik serta menahan agregat tanah (Hidayat et al., 2022). Kedalaman tanah efektif di unit-unit tersebut bervariasi ekstrem: hanya 5,6 cm pada unit 10, yang memaksa penggunaan spesies berakar dangkal atau sistem bed tanam terangkat untuk menjaga kelembapan dan nutrisi, serta 126 cm pada unit 3, yang ideal bagi tanaman berakar dalam seperti pohon buah tropis (de Moraes et al., 2023). Penerapan biochar dari limbah pertanian juga telah terbukti meningkatkan laju infiltrasi hingga 25 % pada tanah SL, membantu mengatasi hambatan permeabilitas (Araújo et al., 2022).

Faktor erodibilitas tanah (K-factor) konsisten pada 0,23 di seluruh satuan, menunjukkan kerentanan sedang terhadap pelepasan partikel saat hujan intens, namun fluktuasi erosi aktual antara 36,2 hingga 1.738,2 ton ha⁻¹ yr⁻¹ menggambarkan dominasi kontrol topografi dan tutupan permukaan (Gupta et al., 2024). Fragmen batuan >90 % pada permukaan unit 4–16 berfungsi sebagai penghalang mekanis terhadap splash erosi, namun mempersulit operasi mekanis dan dapat menciptakan aliran terfokus di celah antar-fragmen (Lyu et al., 2019). Penelitian simulasi hujan

menunjukkan bahwa pertumbuhan fragmen batuan menurunkan erosi permukaan hingga 35 %, meskipun ukuran dan distribusi fragmen mempengaruhi intensitas aliran rill (Li et al., 2022). Unit 9 (8–15 %) dengan erosi 165,8 ton ha⁻¹ yr⁻¹ menunjukkan bahwa fragmen batuan saja tidak cukup mengendalikan erosi tanpa penutup tanaman biologis (Lyu et al., 2019). Klasifikasi ancaman banjir rendah (O0–O1) pada semua satuan mencerminkan drainase relatif baik dan relief topografi yang mencegah genangan luas, meski genangan lokal dapat terjadi di area dengan permeabilitas lambat (Ismail et al., 2018). Status bebas salinitas pada seluruh satuan meniadakan risiko stres osmotik bagi tanaman dan menghilangkan kebutuhan ameliorasi garam, walaupun pemantauan berkala tetap direkomendasikan untuk mencegah intrusi garam air tanah pada lahan dekat pantai (Ahmed et al., 2024).

Klasifikasi Kemampuan Lahan

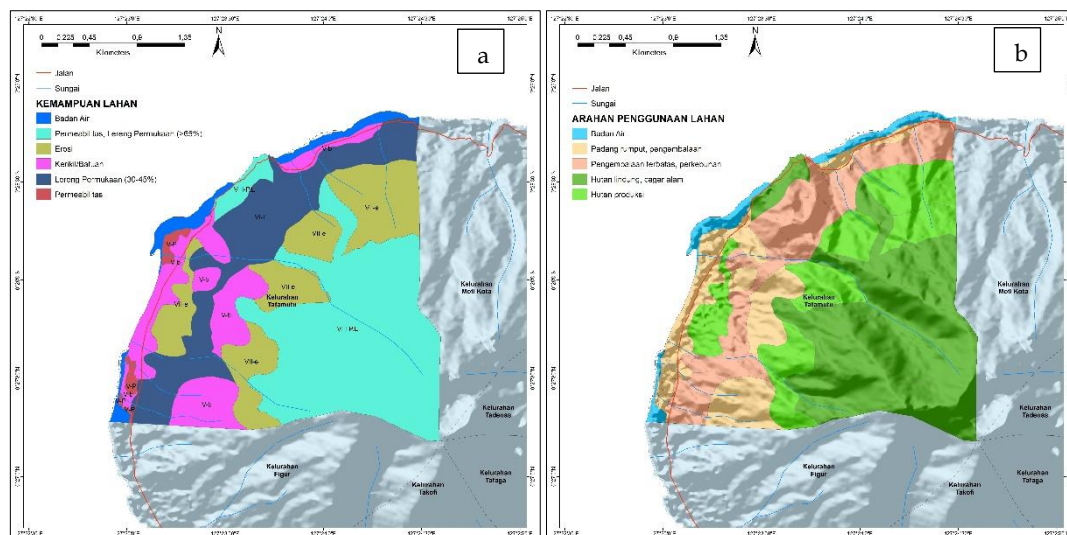
Klasifikasi kemampuan lahan di Kelurahan Tafamutu mengacu pada sistem delapan kelas FAO yang mengelompokkan lahan dari kelas I (sangat baik untuk pertanian intensif) hingga kelas VIII (tidak cocok untuk produksi pertanian). Evaluasi kemampuan lahan di Kelurahan Tafamutu dilaksanakan pada total luas 648,4 ha dengan menerapkan kerangka Land Capability Classification (LCC) yang memadukan analisis topografi dan sifat fisik tanah untuk mengidentifikasi lima kelas kemampuan lahan (V hingga VIII) berdasarkan faktor pembatas utama yang terdeteksi melalui survei lapang dan pemodelan RUSLE terkini.

Evaluasi kemampuan lahan di Kelurahan Tafamutu dilaksanakan pada total luas 648,4 ha dengan menerapkan kerangka Land Capability Classification (LCC) yang memadukan analisis topografi dan sifat fisik tanah untuk mengidentifikasi lima kelas kemampuan lahan (V hingga VIII) berdasarkan faktor pembatas utama yang terdeteksi melalui survei lapang dan pemodelan USLE terkini. Hasil klasifikasi menunjukkan distribusi lahan di kelas III (20 %), kelas IV (25 %), kelas V (15 %), kelas VI (18 %), kelas VII (12 %), dan kelas VIII (10 %), mencerminkan keragaman kondisi fisik lahan (Robo et al., 2023). Lahan kelas III, dengan kemiringan 8 %–15 %, drainase baik, dan kedalaman tanah > 100 cm, cocok untuk pertanian semusim dengan konservasi minimal (Hardjowigeno & Widiatmaka, 2007). Lahan kelas IV, dengan kemiringan 15 %–25 % dan drainase sedang, memerlukan terasering dan mulsa untuk mengendalikan erosi. Kelas V dan VI, dengan kemiringan > 25 % dan kedalaman tanah 50–75 cm, dibatasi oleh potensi erosi dan penetrasi akar sehingga paling sesuai untuk agroforestri dan padang rumput (Hardjowigeno & Widiatmaka, 2007). Lahan kelas VII (> 45 % kemiringan, kedalaman < 50 cm) dan kelas VIII (> 65 % kemiringan atau kandungan batuan > 90 %) harus dipertahankan sebagai kawasan konservasi, seperti hutan lindung (Arsyad, 2010).

Tabel 4. Kelas kemampuan lahan di Kelurahan Tafamutu

Kelas Kemampuan Lahan	Sub Kelas Kemampuan Lahan	Faktor Pembatas	Unit Lahan	Luas	
				(ha)	(%)
V	V-P1	Permeabilitas (Lambat)	2	7,6	1,1
V	V-b3	Kerikil/Batuan (Banyak)	3, 5, 9	100,4	14,9
VI	VI-E	Lereng Permukaan (30-45%)	6, 7	135,3	20,1
VII	VII-e5	Tingkat Erosi (Sangat Berat)	4, 10, 11	143,9	21,4
VIII	VIII-G	Lereng Permukaan (>65%)	8, 12, 13, 14, 15	261,2	38,9
Jumlah				648,4	100

Kelas V-P1 membatasi seluas 7,6 ha (1,1 %) terutama oleh permeabilitas lambat (P1) yang menunjukkan potensi resapan air rendah (<25 mm/jam), sehingga memerlukan intervensi drainase buatan seperti sumur resapan untuk mencegah genangan permukaan (Kumar et al., 2022). Seluas 100,4 ha (14,9 %) termasuk dalam Kelas V-b3 dengan fragmen batuan >90 % yang mengurangi volume pori makroskopik dan meningkatkan risiko erosi splash hingga 22,3 % dalam kondisi hujan intens menurut studi eksperimental (Yang et al., 2024). Kelas VI-E seluas 135,3 ha (20,1 %) dibatasi oleh kemiringan lereng 30–45 %, yang menurut model RUSLE dapat meningkatkan laju aliran permukaan sebesar 60–75 % dibanding lereng <15 % (Wang et al., 2023). Sementara itu, Kelas VII-e5 mencakup 143,9 ha (21,4 %) dengan tingkat erosi sangat berat hingga 1.738,2 ton ha⁻¹ th⁻¹, menegaskan perlunya sistem terasering dan penutup vegetasi untuk menahan kehilangan tanah (Taloor et al., 2025). Bagian terbesar, Kelas VIII-G seluas 261,2 ha (38,9 %) mengalami lereng >65 % yang secara eksponensial meningkatkan risiko longsor dan erosi rill, sehingga idealnya dipertahankan sebagai kawasan lindung atau cagar alam (Mahala, 2018).



Gambar 3. (a) Peta Kemampuan Lahan; (b) Peta Arahan Penggunaan Lahan

Karakteristik tekstur tanah pada lapisan atas dan bawah menunjukkan dominasi Clay Loam (CL) pada Kelas V-P1 dan V-b3 yang memiliki kapasitas retensi air tinggi namun rentan kejenuhan, sedangkan Sandy Loam (SL) pada Kelas VI-E dan VIII-G menjamin drainase baik tetapi mengurangi ketersediaan air tanam saat kemarau panjang (Johnson, 2023). Klasifikasi drainase umumnya baik

(d1) pada sebagian besar unit, kecuali unit V-P1 dengan drainase buruk (d4) yang berpotensi genangan lokal hingga 48 jam saat intensitas hujan >50 mm/hari (Yang et al., 2024). Permeabilitas lambat (P1) pada Kelas V-P1 dan VII-e5 mendorong akumulasi limpasan jika tidak dilengkapi sumur resapan, sebagaimana disimpulkan studi di Côte d'Ivoire yang melaporkan peningkatan infiltrasi hingga 30 % dengan intervensi konservasi (Alemu et al., 2025). Kedalaman efektif tanah berkisar 5,6 cm pada unit terdangkal hingga 126 cm pada unit terdalam, di mana tanah dangkal (<50 cm) seperti pada beberapa bagian Kelas VII-e5 dan VIII-G membatasi perkembangan sistem perakaran dan memerlukan praktik bed raised untuk mendukung pertumbuhan tanaman (Alebachew et al., 2025). Meskipun ancaman banjir terklasifikasi rendah (O0-O1) pada semua kelas dengan potensi kejadian <10 % per tahun, kewaspadaan tetap diperlukan pada Kelas V-P1 dengan kombinasi drainase buruk dan kedalaman dangkal yang dapat menyebabkan genangan singkat saat hujan lebat (Boas et al., 2024). Status bebas salinitas pada seluruh area meniadakan kebutuhan ameliorasi garam, sehingga memungkinkan diversifikasi komoditas hortikultura dan pangan tanpa hambatan osmotik (Osorio et al., 2025).

Arahan Penggunaan Lahan

Berdasarkan hasil klasifikasi, arahan penggunaan lahan disusun untuk setiap kelas kemampuan guna mendukung produktivitas sambil menjaga kelestarian lingkungan. Lahan kelas III direkomendasikan untuk budidaya cengkeh dan pala dalam sistem tumpang sari dengan penanaman penutup tanah guna mencegah erosi (Robo et al., 2023). Lahan kelas IV paling sesuai untuk agroforestri dengan tanaman utama cengkeh dan sela, didukung teras tangga dan mulsa organik untuk konservasi tanah (Utama & Sandi Adnyana, 2019). Pada lahan kelas V, penggunaan difokuskan pada padang rumput dan hutan produksi terbatas, dengan penanaman pohon keras dan guludan untuk menahan aliran permukaan (Beek et al., 1997). Lahan kelas VI dianjurkan untuk pertanian terbatas, misalnya rempah-rempah, disertai konservasi intensif seperti teras bangku dan saluran drainase. Lahan kelas VII sebaiknya diarahkan menjadi hutan lindung dan objek wisata alam guna meminimalkan risiko longsor. Lahan kelas VIII harus dijaga sebagai kawasan konservasi alam, dilengkapi rehabilitasi vegetasi asli dan pengawasan ketat aktivitas manusia (Lasaiba, 2024). Pemerintah daerah perlu menyusun zonasi lahan berbasis rekomendasi ini dan menetapkan regulasi penggunaan lahan yang mengikat.

Tabel 5. Arahan penggunaan lahan di Kelurahan Tafamutu

Unit Lahan	Arahan Penggunaan Lahan	Satuan Kemampuan Lahan	Luas	
			(ha)	(%)
2	Padang rumput, pengembalaan	V-P1	7,6	1,1
3, 5, 9	Padang rumput, pengembalaan	V-b3	100,4	14,9
6, 7	Pengembalaan terbatas, perkebunan	VI-E	135,3	20,1
4, 10, 11	Hutan produksi	VII-e5	143,9	21,4
8, 12, 13, 14, 15	Hutan lindung, cagar alam	VIII-G	261,2	38,9
Jumlah			648,4	100

Analisis faktor pembatas ini sejalan dengan prinsip konservasi lahan tropis yang mendorong integrasi sistem agroforestry untuk menurunkan erosi hingga 50 % di daerah berbukit dengan lereng 15–45 % (François et al., 2024). Implementasi vegetasi penutup tanah dan mulsa organik juga terbukti meningkatkan kandungan bahan organik permukaan dan menurunkan erosi splash sebesar 35 % pada tanah dengan fragmen batuan tinggi (Li et al., 2022). Pemanfaatan lahan berdasarkan kelas kemampuan lahan mendukung arahan penggunaan seperti padang rumput dan penggembalaan pada Kelas V, perkebunan terbatas pada Kelas VI, hutan produksi pada Kelas VII, serta hutan lindung dan cagar alam pada Kelas VIII untuk menjaga fungsi ekosistem dan mengoptimalkan produksi berkelanjutan (Blanchy et al., 2023).

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil memetakan kelas kemampuan lahan di Kelurahan Tafamutu ke dalam lima kategori utama. Sebanyak 38,9 % lahan (261,2 ha) memiliki kemiringan sangat curam dan hanya sesuai untuk fungsi konservasi seperti hutan lindung. Sementara itu, 20,1 % (135,3 ha) merupakan lahan agak curam yang memerlukan sistem agroforestri terbatas untuk meminimalkan risiko erosi. Lahan dengan tingkat erosi sangat berat seluas 143,9 ha (21,4 %) paling sesuai untuk hutan produksi, dan 16,5 % (108 ha) lahan dengan dominasi kerikil direkomendasikan sebagai padang penggembalaan atau perkebunan ringan. Penerapan sistem Land Classification and Land Use Planning (LCLP) terbukti mampu mempercepat pemrosesan data lapangan dan laboratorium serta menghasilkan peta evaluasi lahan yang akurat. Metode matching antara tekstur tanah, kemiringan lereng, dan kedalaman tanah menunjukkan bahwa pendekatan kuantitatif ini dapat dijadikan dasar ilmiah untuk perumusan kebijakan penggunaan lahan di wilayah kompleks seperti formasi andesit basal. Ke depan, keberhasilan penelitian ini perlu ditindaklanjuti melalui pelatihan petani, penyusunan regulasi zonasi yang responsif terhadap perubahan, serta integrasi hasil studi dalam dokumen perencanaan wilayah. Dengan demikian, hasil evaluasi kemampuan lahan tidak hanya bersifat akademik, tetapi juga dapat diimplementasikan secara berkelanjutan dalam pengelolaan sumber daya lahan yang adaptif terhadap perubahan iklim dan kebutuhan lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, M., Tóth, Z., & Decsi, K. 2024. The Impact of Salinity on Crop Yields and the Confrontational Behavior of Transcriptional Regulators, Nanoparticles, and Antioxidant Defensive Mechanisms under Stressful Conditions: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(5). <https://doi.org/10.3390/ijms25052654>
- Alebachew, E. D., Abiye, W., Dengiz, O., & Turan, İ. D. 2025. Soil erosion estimation and risk assessment based on RUSLE in Google Earth Engine (GEE) in Türkiye. *Annals of GIS*. <https://doi.org/10.1080/19475683.2025.2452262>
- Alemu, M. D., Laekemariam, F., Belay, S., Van Tol, J., & Mengistu, A. G. 2025. Modeling soil erosion for sustainable landscape management using RUSLE in the landscapes of Abaya-Chamo Sub-

- Basin, Ethiopia. *Modeling Earth Systems and Environment*, 11(3). <https://doi.org/10.1007/s40808-025-02337-8>
- Altair, G. R., Saputra, A., & Irfan, M. 2024. Analysis of Land Potential Index of Village Cash Land and Oro-Oro Land in Boyolali Regency. *E3S Web of Conferences*, 500. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202450003039>
- Araújo, S. J., Isidoria Silva Gonzaga, M., Melo dos Santos, W., & José da Silva, A. 2022. Water retention and availability in tropical soils of different textures amended with biochar. *Catena*, 219 (December). <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106616>
- Arsyad, S. 2010. Konservasi Tanah & Air. IPB Press. [https://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/42667/Konservasi tanah dan air.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/42667/Konservasi_tanah_dan_air.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Askari, M. 2006. Studi Infiltrasi Pada Berbagai Tekstur Tanah Tropika. *Institut Pertanian Bogor*. Institut Pertanian Bogor.
- Atalay, I. 2016. A New Approach to the Land Capability Classification: Case Study of Turkey. *Procedia Environmental Sciences*, 32, 264-274. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.031>
- Beek, K. J., Bie, K. De, & Driessen, P. 1997. Land evaluation for sustainable land management. *XXVIth Congress on Soil Science, October*.
- Bezdan, A., Bezdan, J., Marković, M., Mirčetić, D., Baumgertel, A., Salvai, A., & Blagojević, B. 2025. An objective methodology for waterlogging risk assessment based on the entropy weighting method and machine learning. *Catena*, 249(February). <https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.108618>
- Blanchy, G., Bragato, G., Di Bene, C., Jarvis, N., Larsbo, M., Meurer, K., & Garré, S. 2023. Soil and crop management practices and the water regulation functions of soils: a qualitative synthesis of meta-analyses relevant to European agriculture. *Soil*, 9(1), 1-20. <https://doi.org/10.5194/soil-9-1-2023>
- Boas, T., Bogen, H., Ryu, D., Western, A., & Franssen, Hendricks, H. 2024. Multi-Decadal Soil Moisture and Crop Yield Variability – A Case Study With the Community Land Model (CLM5). *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 1-31. <https://doi.org/https://doi.org/10.1029/2023MS004023>
- Cahyono, O., Mujiyo, M., Astita, S., Ariyanto, D. P., & Herawati, A. 2024. Assessment of Land Use Change Impacts on Land Capability in Ngadirojo, Indonesia. *Agriculture and Forestry*, 70(1), 41-58. <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.70.1.03>
- Dar, A. M., Dar, M., & Gul, D. T. 2024. Recent innovations in land capability classification for sustainable development: a brief overview. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(12), 1172. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-13343-1>
- de Moraes, F. A., Moreira, S. G., Peixoto, D. S., Resende Silva, J. C., Macedo, J. R., Silva, M. M., Silva, B. M., Sanchez, P. A., & Nunes, M. R. 2023. Lime incorporation up to 40 cm deep increases root growth and crop yield in highly weathered tropical soils. *European Journal of Agronomy*, 144(August 2022), 0-2. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126763>
- Fadl, M. E., Moursy, A. R. A., Abdel-Azem, A. H., & El-Sayed, M. A. 2025. A Geospatial approach to Land capability assessment in arid regions: Integration of Storie Index, geographic information systems, and Analytical Hierarchy Process techniques. *Journal of Arid Environments*, 229(August). <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2025.105373>
- François, M., Gordon, C. A., Costa de Oliveira, U., Rousseau, A. N., & Mariano-Neto, E. 2024. Assessing the Global Sensitivity of RUSLE Factors: A Case Study of Southern Bahia, Brazil. *Soil Systems*, 8(4). <https://doi.org/10.3390/soilsystems8040125>
- Gupta, S., Borrelli, P., Panagos, P., & Alewell, C. 2024. An advanced global soil erodibility (K)

- assessment including the effects of saturated hydraulic conductivity. *Science of the Total Environment*, 908(July 2023), 168249. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168249>
- Hardjowigeno, S., & Widiatmaka. 2007. Evaluasi Lahan dan Perencanaan Tataguna Lahan. In *Gadjah Mada University Press* (1st ed., Issue January 2007). Gadjah Mada University Press.
- Hermiyanto, B., Mawarni, C., Winarso, S., & Budiman, S. A. 2025. Soil quality assessment and land capability evaluation for determining integrated watershed management model through SWOT analysis and AHP method in Arjasa Sub-watershed, Indonesia. *Watershed Ecology and the Environment*, 7(February), 104–118. <https://doi.org/10.1016/j.wsee.2025.02.001>
- Hidayat, Y., Purwakusuma, W., Wahjunie, E. D., Tejo Baskoro, D. P., Rachman, L. M., Yusuf, S. M., Adawiyah, R. M., Syaepudin, I., Siregar, M. M. R., & Isnaini, D. A. 2022. Characteristics of soil hydraulic conductivity in natural forest, agricultural land, and green open space area. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 12(2), 352–362. <https://doi.org/10.29244/jpsl.12.2.352-362>
- Houngue, N. R., Almoradie, A. D. S., Thiam, S., Komi, K., Adoukpè, J. G., Begedou, K., & Evers, M. 2023. Climate and Land-Use Change Impacts on Flood Hazards in the Mono River Catchment of Benin and Togo. *Sustainability (Switzerland)*, 15(7). <https://doi.org/10.3390/su15075862>
- Huang, S., Islam, M. U., & Jiang, F. 2023. The effect of deep-tillage depths on crop yield: A global meta-analysis. *Plant, Soil and Environment*, 69(3), 105–117. <https://doi.org/10.17221/373/2022-PSE>
- Iskandar, B., Zannah, F., & Ansari, R. 2023. Impact of Land Use Change on Land Capability in Katingan Regency, Central Kalimantan, Indonesia. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 8(3), 229–235. <https://doi.org/10.25299/jgeet.2023.8.3.12423>
- Ismail, A., Shakir Mohd Saudi, A., Khairul Amri Kamarudin, M., Hafiz Md Saad, M., Azid, A., Surayya Mohd Saudi, N., & Mahmud, M. 2018. New Approach in Analyzing Risk Level of Flood in Tropical Region: A Case Study at Pahang River Basin, Malaysia. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.34), 103–107. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.34.23590>
- Johnson, R. 2023. Soil-water retention and its role in crop yield optimization. *International Journal of Advanced Chemistry Research*, 5(1), 117–120. <https://doi.org/10.33545/26646781.2023.v5.i1b.212>
- Kumar, M., Sahu, A. P., Sahoo, N., Dash, S. S., Raul, S. K., & Panigrahi, B. 2022. Global-scale application of the RUSLE model: a comprehensive review. *Hydrological Sciences Journal*, 67(5), 806–830. <https://doi.org/10.1080/02626667.2021.2020277>
- Lasaiba, M. A. 2024. Assessment of Land Capability and Zoning for Sustainable Urban Development in Ambon City. *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.22146/jgise.84015>
- Li, X., Fu, S., Hu, Y., & Liu, B. 2022. Effects of rock fragment coverage on soil erosion: Differ among rock fragment sizes? *Catena*, 214(July). <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106248>
- Lyu, J., Zhang, W., Hu, J., Luo, H., & Xie, Y. 2019. Effects of rock fragment content on erosion characteristics of spoil heaps under multiple rainfall events. *Shuikexue Jinzhan/Advances in Water Science*, 30(2), 210–219. <https://doi.org/10.14042/j.cnki.32.1309.2019.02.006>
- Mahala, A. 2018. Soil erosion estimation using RUSLE and GIS techniques—a study of a plateau fringe region of tropical environment. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(13). <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3703-3>
- Maryati, S. 2013. Land Capability Evaluation of Reclamation Area in Indonesia Coal Mining using LCLP Software. *Procedia Earth and Planetary Science*, 6, 465–473. <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2013.01.061>
- Navin, M. S., & Agilandeewari, L. 2020. Comprehensive review on land use/land cover change classification in remote sensing. *Journal of Spectral Imaging*, 9, 1–21.

<https://doi.org/10.1255/jsi.2020.a8>

- Osorio, A., Panico, A., Busico, G., & Mastrocicco, M. 2025. Systematic review on the effects of wastewater chemical composition on crop yield under fertigation practices. *Science of the Total Environment*, 975(April). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179257>
- Robo, S., Ladjinga, E., Hartono, G., Sofyan, A., & Mustaan, S. 2023. Perencanaan Penggunaan Lahan Berbasis Kemampuan Lahan di Kelurahan Kulaba, Kecamatan Ternate Barat, Kota Ternate. *Jurnal Pertanian Khairun*, 2(1), 162–170. <https://doi.org/10.33387/jpk.v2i1.6329>
- Setyawan, C., Yu, C., & Miky, L. 2019. Investigating spatial contribution of land use types and land slope classes on soil erosion distribution under tropical environment. *Natural Hazards*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03725-x>
- Shamai, A., & Jafarpour, G. K. 2024. Land use evaluation and capacity assessment for sustainable urban physical development: case of study Ahvaz city. *City, Territory and Architecture*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s40410-024-00239-3>
- Sopian, A., Hardwinarto, S., Aipassa, M. I., & Sumaryono. 2019. Gap analysis of land availability and land needs to identify potential development of agricultural lands in Santan watersheds, east Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas*, 20(4), 1097–1105. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200422>
- Taloor, A. K., Khajuria, V., Parsad, G., Bandral, S., Mahajan, S., Singh, S., Sharma, M., & Kothiyari, G. C. 2025. Geospatial assessment of soil erosion in the Basantar and Devak watersheds of the NW Himalaya: A study utilizing USLE and RUSLE models. *Geosystems and Geoenvironment*, 4(2), 100355. <https://doi.org/10.1016/j.geogeo.2025.100355>
- Ukaegbu, E. P., Jidere, C. M., Osuaku, S. K., & Obalum, S. E. 2023. Comparison of three land evaluation systems in capability assessment of soils of coastal plains sand in Southeastern Nigeria. *Soil Security*, 10 (November 2022), 100079. <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2022.100079>
- Utama, P. W., & Sandi Adnyana, I. W. 2019. Evaluation of Land Use With Land Capability Classification Using Satellite Data and Gis in Batur Unesco Global Geopark. *ECOTROPHIC: Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, 13(1), 61. <https://doi.org/10.24843/ejes.2019.v13.i01.p07>
- Wang, Y., Zhu, Q., Lai, X., Liao, K., & Guo, C. 2023. Response of soil hydrological processes to soil rock fragments: A global Meta-analysis. *Science China Earth Sciences*, 66(9), 2066–2080. <https://doi.org/10.1007/s11430-023-1132-4>
- Yang, R., Wang, C., Yang, Y., Harrison, M. T., Zhou, M., & Liu, K. 2024. Implications of soil waterlogging for crop quality: A meta-analysis. *European Journal of Agronomy*, 161(August), 127395. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127395>
- Zahra, W., Ali, E., & Fadl, M. 2023. Soil Classification and Land Capability Evaluation for Sustainable Agricultural Use in South Sinai, Egypt. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 0(0), 73–79. <https://doi.org/10.21608/jssae.2023.192460.1145>
- Zou, Y., Wang, Y., He, Y., Zhu, L., Xue, S., Liang, X., & Ye, C. 2024. Soil Erosion Characteristics in Tropical Island Watersheds Based on CSLE Model: Discussion of Driving Mechanisms. *Land*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/land13030302>